

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-234126

(43)Date of publication of application : 05.09.1995

(51)Int.Cl.

G01C 15/00  
// B64C 27/04  
G05D 1/08

(21)Application number : 06-050025

(71)Applicant : YAMAHA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 24.02.1994

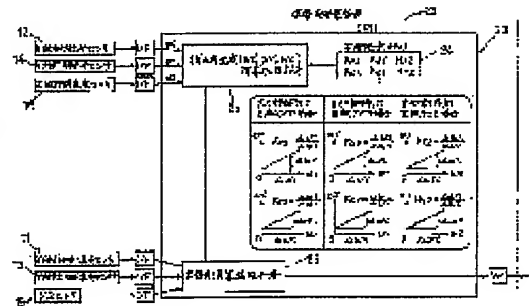
(72)Inventor : SUGITA MASAO

(54) ATTITUDE ANGLE DETECTING METHOD FOR ANGULAR VELOCITY SENSOR TYPE ATTITUDE ANGLE DETECTOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To enhance a detecting accuracy of an angular velocity sensor while preventing an increase in cost.

CONSTITUTION: Before an attitude angle detector having angular velocity sensors 12, 14, 16 mounted at X-, Y- and Z-axes is placed at a body 1, an erroneous angular velocity is detected, and stored in a non-volatile memory 24. The erroneous velocity is obtained from an output value of angular velocity sensors of two shafts perpendicularly crossed at a detecting shaft by rotating it around the detection shaft by a rotary table. After the angle detector is placed at the body, the erroneous value is subtracted from the output value of the sensors of the two shafts when it is rotated around the detection shaft. In order to correct the error of the angular velocity generated from the fact that axes of the three angular velocity sensors are not perpendicularly crossed, it can be electrically executed, and its cost can be reduced by enhancing a mechanical accuracy.



(51) Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 C 15/00	A			
// B 6 4 C 27/04		8211-3D		
G 0 5 D 1/08	Z			

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平6-50025

(22) 出願日 平成6年(1994)2月24日

(71) 出願人 000010076

ヤマハ発動機株式会社

静岡県磐田市新貝2500番地

(72) 発明者 杉田 正夫

静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機株式会社内

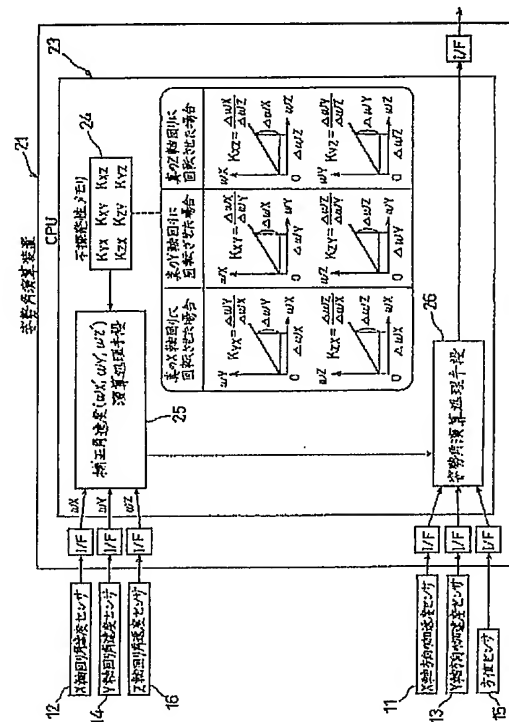
(74) 代理人 弁理士 山川 政樹

(54) 【発明の名称】 角速度センサ式姿勢角検出装置の姿勢角検出方法

(57) 【要約】

【目的】 コスト高となるのを防ぎつつ角速度センサの検出精度を高める。

【構成】 X、Y、Z 軸毎に角速度センサ12、14、16が取り付けられた姿勢角検出装置を機体1に搭載する以前に、誤差角速度を検出し不揮発性メモリ24に記憶させる。誤差角速度を、回転テーブルで検出軸回りに回転させて検出軸とは直交する2軸の角速度センサの出力値から求める。姿勢角検出装置が機体1に搭載された後は検出軸回りに回るときに前記2軸の角速度センサの出力値から誤差値を差し引いた。3個の角速度センサの軸線が直交しないことから生じる角速度の誤差を補正するに当たり電氣的に行なえ、機械的に精度を高めるより安くできる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 鉛直方向の軸線に対して回るときの角速度を検出する鉛直軸用角速度センサと、互いに直交しかつ前記鉛直方向に対して直交するX、Y方向の軸線に対して回るときの角速度を検出するX軸用角速度センサ、Y軸用角速度センサとが取付けられた姿勢角検出装置を、鉛直方向の軸線回りに回転する回転テーブルに前記鉛直軸用角速度センサの軸線を鉛直方向に向けて載置させて回転させ、回転テーブルが回転しているときのX軸用角速度センサおよびY軸用角速度センサの出力値をそれぞれ鉛直軸回りの誤差値として不揮発性メモリに記憶させておき、この姿勢角検出装置が移動物に搭載された後は鉛直方向の軸線回りに回るときにX軸用角速度センサおよびY軸用角速度センサの出力値から前記誤差値をそれぞれ差し引いて真の角速度を求め、この真の角速度に基づいて角度を求めることを特徴とする角速度センサ式姿勢角検出装置の姿勢角検出方法。

【請求項2】 請求項1記載の角速度センサ式姿勢角検出装置の姿勢角検出方法において、姿勢角検出装置を移動物に搭載する以前に、X軸用角速度センサの軸線を鉛直方向に向けて回転テーブルによって回転させ、回転テーブルが回転しているときの鉛直軸用角速度センサおよびY軸用角速度センサの出力値をそれぞれX軸回りの誤差値として不揮発性メモリに記憶させ、この姿勢角検出装置が移動物に搭載された後はX軸の軸線回りに回るときに鉛直軸用角速度センサおよびY軸用角速度センサの出力値から前記X軸回りの誤差値を差し引いて真の角速度を求め、この真の角速度に基づいて角度を求めることを特徴とする角速度センサ式姿勢角検出装置の姿勢角検出方法。

【請求項3】 請求項2記載の角速度センサ式姿勢角検出装置の姿勢角検出方法において、姿勢角検出装置を移動物に搭載する以前に、Y軸用角速度センサの軸線を鉛直方向に向けて回転テーブルによって回転させ、回転テーブルが回転しているときの鉛直軸用角速度センサおよびX軸用角速度センサの出力値をそれぞれY軸回りの誤差値として不揮発性メモリに記憶させ、この姿勢角検出装置が移動物に搭載された後はY軸の軸線回りに回るときに鉛直軸用角速度センサおよびX軸用角速度センサの出力値から前記Y軸回りの誤差値を差し引いて真の角速度を求め、この真の角速度に基づいて角度を求めることを特徴とする角速度センサ式姿勢角検出装置の姿勢角検出方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、無線操縦式無人ヘリコプタ、水上あるいは水中を走航する船舶、シールド式掘削装置等の姿勢角や進行方向を検出する角速度センサ式姿勢角検出装置の姿勢角検出方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、例えば農薬散布用の無線操縦式無人ヘリコプタは、操縦者からのパイロット指令信号によって機体の方位、傾斜角度等を遠隔操作によって制御する構造になっていた。そして、この種の無人ヘリコプタでは、操縦を容易に行うことができるように、パイロット指令信号によって定められた方位、傾斜角度等に対して機体の実際の方位、傾斜角度等が風等の外乱によって変化したとしても機体の姿勢を自動的に修正する姿勢制御装置を設けることが望まれていた。

【0003】この姿勢制御装置としては、機体がある左右、前後および上下方向の軸線に対して何度回っているかを各軸毎に角速度センサを用いて求めるように構成することが考えられる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかるに、発明者らが行った実験によれば、角速度センサとして精度の高いものを使用したとしても機体の姿勢角を高精度に検出することはできなかった。これは、角速度センサを機体に取り付けるときの位置精度が低いことに起因していた。

【0005】すなわち、機体の左右、前後および上下方向の軸線と、これらの軸線上に配置される各角速度センサの軸線とが一致せず、3個の角速度センサの検出軸線が互いに直交しないからであった。このため、例えば上下方向の軸線回りのみに機体を回したときに、本来であれば角速度を検出しないはずの左右方向の軸線上の角速度センサや前後方向の軸線上の角速度センサが位置ずれに起因する角速度を検出してしまう。

【0006】このような不具合は各角速度センサの取り付け位置の精度を高めれば解消することができるが、角速度センサ取り付け部を厳格な精度をもって加工し、さらに精密な位置調整を行わなければならない、コストが高くなってしまう。

【0007】しかも、角速度センサは、通常はケース内にセンサ本体を収納して組立てられており、センサ本体の検出軸線がケースの基準となる軸線に対して位置ずれを起こしていると、上述したようにケースを機体に対して高精度に組付けたとしても、結局は軸ずれを起こしてしまう。このセンサ本体をケースに対して位置決めするときの精度をも高めようとすると、コストはさらに高くなってしまう。

【0008】本発明はこのような問題点を解消するためになされたもので、取り付け位置精度を高めるというコストアップとなる手法を採らずに、角速度センサを使用して姿勢角を高精度に検出することができるようにすることを目的とする。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】第1の発明に係る角速度センサ式姿勢角検出装置の姿勢角検出方法は、鉛直方向の軸線回りの角速度を検出する鉛直軸用角速度センサと、互いに直交しかつ前記鉛直方向に対して直交する

3

X、Y方向の軸線回りの角速度を検出するX軸用角速度センサ、Y軸用角速度センサとが取付けられた姿勢角検出装置を、鉛直方向の軸線回りに回転する回転テーブルに前記鉛直軸用角速度センサの軸線を鉛直方向に向けて載置させて回転させ、回転テーブルが回転しているときのX軸用角速度センサおよびY軸用角速度センサの出力値をそれぞれ鉛直軸回りの誤差値として不揮発性メモリに記憶させておき、この姿勢角検出装置が移動物に搭載された後は鉛直方向の軸線回りに回るときにX軸用角速度センサおよびY軸用角速度センサの出力値から前記誤差値をそれぞれ差し引いて真の角速度を求め、この真の角速度に基づいて角度を求めるものである。

【0010】第2の発明に係る角速度センサ式姿勢角検出装置の姿勢角検出方法は、第1の発明に係る角速度センサ式姿勢角検出装置の姿勢角検出方法において、姿勢角検出装置を移動物に搭載する以前に、X軸用角速度センサの軸線を鉛直方向に向けて回転テーブルによって回転させ、回転テーブルが回転しているときの鉛直軸用角速度センサおよびY軸用角速度センサの出力値をそれぞれX軸回りの誤差値として不揮発性メモリに記憶させ、この姿勢角検出装置が移動物に搭載された後はX軸の軸線回りに回るときに鉛直軸用角速度センサおよびY軸用角速度センサの出力値から前記X軸回りの誤差値を差し引いて真の角速度を求め、この真の角速度に基づいて角度を求めるものである。

【0011】第3の発明に係る角速度センサ式姿勢角検出装置の姿勢角検出方法は、前記第2の発明に係る角速度センサ式姿勢角検出装置の姿勢角検出方法において、姿勢角検出装置を移動物に搭載する以前に、Y軸用角速度センサの軸線を鉛直方向に向けて回転テーブルによって回転させ、回転テーブルが回転しているときの鉛直軸用角速度センサおよびX軸用角速度センサの出力値をそれぞれY軸回りの誤差値として不揮発性メモリに記憶させ、この姿勢角検出装置が移動物に搭載された後はY軸の軸線回りに回るときに鉛直軸用角速度センサおよびX軸用角速度センサの出力値から前記Y軸回りの誤差値を差し引いて真の角速度を求め、この真の角速度に基づいて角度を求めるものである。

【0012】

【作用】本発明においては、3個の角速度センサの軸線が互いに直交しないことに起因して生じる角速度の誤差は電氣的に補正される。

【0013】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図1ないし図7によって詳細に説明する。なお、本実施例では、無線操縦式無人ヘリコプタの姿勢角を検出する例について説明する。図1は本発明に係る姿勢角検出方法によって姿勢角を検出する無人ヘリコプタの概略構成図、図2は本発明に係る姿勢角検出方法によって姿勢角を検出する姿勢角検出装置の全体構成を示すブロック図、図3は姿勢角検

4

出装置の要部の構成を示すブロック図、図4は姿勢角検出装置の概略構成を示す斜視図である。

【0014】図5は回転テーブル上での誤差値検出工程を説明するためのブロック図、図6は回転テーブル上での誤差値検出手順を説明するためのグラフ、図7は姿勢角検出装置を無人ヘリコプタに搭載した後の角速度検出手順を説明するための図である。

【0015】これらの図において、1は移動物としての無人ヘリコプタの機体、2はメインロータ、3はテールロータ、4は前記メインロータ2およびテールロータ3を回転駆動するエンジンである。5はこのエンジン4の回転数を制御するエンジンコントローラサーボモータ、6は前記メインロータ2の傾斜角やピッチ角を制御するコレクティブサーボモータ、7は前記テールロータ3のピッチ角を制御するラダーサーボモータで、これらのサーボモータ5～7は本発明に係る姿勢角検出装置としてのコントローラ8によって制御される構造になっている。

【0016】9は機体1に搭載された受信機で、この受信機9は送信機10が発信したパイロット指令信号を受信部9aが受信してコントローラ8に出力すると共に、コントローラ8からの制御信号を前記サーボモータ5～7に伝えるアンプ9bを内蔵している。なお、この機体1には、図示してはいないが農薬を空中から散布するための農薬散布装置が装着されている。

【0017】前記コントローラ8は、機体1の互いに直交する3つの主方位（左右、前後および上下方向）に対する角度や機体の高度、鉛直方向に対する加速度等を後述する各種センサを使用して検出し、送信機10から送られたパイロット指令信号によって設定された目標飛行状態となるように制御する構造になっている。ここで、前記センサとしては、機体1の左右方向の軸線（X軸）回りの角度を検出する傾斜計としての加速度センサ11および角速度センサ12と、機体1の前後方向の軸線（Y軸）回りの角度を検出する傾斜計としての加速度センサ13および角速度センサ14と、機体1の鉛直方向の軸線（Z軸）回りの角度を検出する地磁気方位センサ15および角速度センサ16と、機体1の鉛直方向に対する加速度を検出するための鉛直方向加速度センサ17と、機体1の高度を検出するための高度センサ18と、エンジン4の回転数を検出するエンジン回転数検出センサ19（図2）である。

【0018】これらのセンサのうちX軸の加速度センサ11はY軸方向への加速度から機体1のY軸が鉛直方向に対して何度傾斜しているかを検出し、X軸の角速度センサ12は機体1がX軸回りに回転するときの角速度を検出するように構成されている。また、Y軸の加速度センサ13はX軸方向への加速度から機体1のX軸が鉛直方向に対して何度傾斜しているかを検出し、Y軸の角速度センサ14は機体1がY軸回りに回転するときの角速

5

度を検出するように構成されている。

【0019】さらに、地磁気方位センサ15は例えば機体のY軸が北方位に対して何度回っているかを検出し、Z軸の角速度センサ16は機体1がZ軸回りに回転するときの角速度を検出するように構成されている。加えて、鉛直方向加速度センサ17は機体1のZ軸方向への加速度から同方向に対しての加速度を検出するように構成され、高度センサ18は機体1と地表との距離を光学的に検出するように構成されている。さらにまた、エンジン回転数検出センサ19は、エンジン4のクランク軸

(図示せず)の回転を検出するように構成されている。  
【0020】そして、前記各軸毎の角速度センサ12, 14, 16、加速度センサ11, 13, 17および地磁気方位センサ15は、本実施例では図4に示すベースブロック20にそれぞれ取付けられ、このベースブロック20を介して機体1に支持固定されている。なお、図4においては地磁気方位センサ15は図示を省略してあるが、Z軸を検出軸としてベースブロック20に固定されている。

【0021】ベースブロック20は、X-Y平面と平行に形成された底板20aと、X-Z平面と平行に形成された後板20bと、Y-Z平面と平行に形成された側板20cとが一体に設けられており、前記底板20aに角速度センサ12, 14, 16、鉛直方向加速度センサ17が固定され、後板20bにX軸方向の加速度センサ11が固定され、側板20cにY軸方向の加速度センサ13が固定されている。また、このベースブロック20は、底板20a、後板20bおよび側板20cのうち互いに隣接するもの同士が結合されてなる角の稜線が機体1のX軸、Y軸およびZ軸に一致するように機体1に取付けられている。そして、各角速度センサ12, 14, 16はこのX軸、Y軸およびZ軸に検出軸線が平行になるように取付けられている。なお、これらの角速度センサ12, 14, 16としては、本実施例では光ファイバジャイロが採用されている。

【0022】コントローラ8は、図2に示すように、機体1の実際の姿勢角を前記各種センサの出力値から演算する姿勢角演算装置21と、この姿勢角演算装置21によって求められた機体1の実際の姿勢角を後述する目標姿勢角に近づけると共に、飛行方向、エンジン回転数および高度を目標値に近づけるように前記サーボモータ5~7を制御する飛行状態制御用CPU22等から構成されている。この飛行状態制御用CPU22は、送信機10から送られたパイロット指令信号に基づいて目標姿勢角、目標飛行方向および目標飛行速度等の目標値を演算する目標値演算処理手段と、上述したように前記サーボモータ5~7を制御する各アクチュエータ制御量演算処理手段を備えている。

【0023】前記姿勢角演算装置21は、図3に示すように、各種演算を行うCPU23と、このCPU23に

6

前記各センサおよび前記飛行状態制御用CPU22を接続するインターフェイスとから形成されている。

【0024】CPU23は、各角速度センサ12, 14, 16が実際に検出した角速度と不揮発性メモリ24に記憶された誤差角速度とを用いて真の角速度としての補正角速度を求める補正角速度演算処理手段25と、この補正角速度演算処理手段25が求めた補正角速度を前記加速度センサ11, 13および地磁気方位センサ15によって検出された角度に加算して現在の姿勢角を求める姿勢角演算処理手段26とから構成されている。

【0025】前記不揮発性メモリ24は、後述する誤差検出工程によって予め設定された各角速度センサ12, 14, 16の誤差角速度が記憶されている。この誤差角速度とは、X軸回り角速度を検出するX軸回り角速度センサ12であれば、図4に示すベースブロック20に取付けられた状態でこの角速度センサ12をベースブロック20と共にZ軸回りに回したときに検出される角速度KXZと、Y軸回りに回したときに検出される角速度KXYのことである。本来であれば、X軸回りの角速度センサ12はZ軸やY軸回りに回したとしても角速度を検出することはない筈であるが、この角速度センサ12はセンサ本体12aの軸線がセンサケース12bの基準線に対して傾斜していたり、センサケース12bの基準線がベースブロック20のX軸に対して傾斜したりする関係から、上述した誤差角速度KXZ, KXYが生じる。

【0026】これと同様に、Y軸回りの角速度センサ14およびZ軸回りの角速度センサ16も誤差を生じるので、その誤差も不揮発性メモリ24に記憶されている。Y軸回りの角速度センサ14が出力する誤差角速度は、それがZ軸回りに回されたときの誤差角速度KYZと、X軸回りに回されたときの誤差角速度KZXである。また、Z軸回りの角速度センサ16が出力する誤差角速度は、それがX軸回りに回されたときの誤差角速度KXZと、Y軸回りに回されたときの誤差角速度KZYである。

【0027】なお、上述した誤差角速度は、後述する誤差検出工程において、誤差が生じる軸回りに回ったときの単位角速度当たりの値として設定されている。例えば、X軸回りの角速度センサ12をZ軸回りに回したときの誤差角速度KXZは、そのときにZ軸回りの角速度センサ16によって検出された角速度で除して求められている。すなわち、Z軸回りの角速度が大きくなればなるほど誤差角速度が大きくなるので、前記誤差角速度KXZにZ軸回りの角速度センサ16での出力値を乗算するようにしている。この乗算は後述する補正角速度演算処理手段25が行う。

【0028】補正角速度演算処理手段25は、各角速度センサ12, 14, 16によって検出された実際の角速度 $\omega_X$ ,  $\omega_Y$ ,  $\omega_Z$ から前記誤差角速度に誤差発生軸回りの角速度を乗算したものを差し引いて真の角速度を求めるように構成されている。詳述すると、例えばZ軸回り

角速度センサ 16 が角速度を検出しているときには、X 軸回り角速度センサ 12、Y 軸回り角速度センサ 14 の出力値から、それぞれ Z 軸回りの誤差角速度  $KXZ$ 、 $KYZ$  に Z 軸回りの角速度センサ 16 の出力  $\omega Z$  を乗じたものを差し引く。これによって X 軸回りの角速度センサ 12、Y 軸回りの角速度センサ 14 が出力する角速度の真の値が求められる。そして、この真の角速度を姿勢角演算処理手段 26 に出力するように構成されている。

【0029】これと同様に、補正角速度演算処理手段 25 は、X 軸回りの角速度センサ 12 が角速度を検出しているときには、Y 軸回りの角速度センサ 14 および Z 軸回りの角速度センサ 16 によって検出された角速度の真の値を姿勢角演算処理手段 26 に出力する。また、Y 軸回りの角速度センサ 14 が角速度を検出しているときには、X 軸回りの角速度センサ 12 および Z 軸回りの角速度センサ 16 によって検出された角速度の真の値を姿勢角演算処理手段 26 に出力する。

【0030】すなわち、機体 1 の現在の各軸回りの真の角速度が  $\omega' X$ 、 $\omega' Y$ 、 $\omega' Z$  として姿勢各演算処理手段 26 に出力されることになる。

【0031】前記姿勢各演算処理手段 26 は、離陸以前の機体静止時に機体 1 の傾斜角度、方位の初期値を検出してこの値を不図示のメモリに記憶させ、離陸後は前記補正角速度演算処理手段 15 が求めた真の角速度  $\omega X'$ 、 $\omega Y'$ 、 $\omega Z'$  を積分してなる真の角度を前記初期値に加算して現在の姿勢角を求めるように構成されている。離陸以前に求める傾斜角度は加速度センサ 11、13 の出力値を用い、方位は地磁気方位センサ 15 の出力値を用いている。また、機体 1 が静止している状態であることを検出するには、角速度センサ 12、14、16 が一定時間の間に予め定めた値より小さい値を継続して出力したことを検出することによって行う。

【0032】すなわち、この姿勢角演算処理手段 26 が求めた現在の姿勢角が前記飛行状態制御用 CPU 22 に入力され、この飛行状態制御用 CPU 22 が前記姿勢角に基づいて飛行方向、高度、エンジン回転数を制御することになる。

【0033】次に、前記誤差値を求める手法について説明する。まず、角速度センサ 12、14、16 が取付けられたベースブロック 20 を図 4 に示すように回転テーブル 27 に載置させて固定する。この回転テーブル 27 は、鉛直方向の軸線回りに所定回転数をもって回転する構造になっている。そして、この回転テーブル 27 にベースブロック 20 を載せるに当たっては、まず、ベースブロック 20 の軸線 Z が鉛直方向を指向するようにする。すなわち、図 4 に示した状態でベースブロック 20 を回転テーブル 27 に固定する。本実施例では、ベースブロック 27 には図 5 に示すようにコントローラ 8 の CPU 23 および不揮発性メモリ 24 等を角速度センサと共に取付けておく。そして、各角速度センサ 12、1

4、16 を A/D 変換機 28 を介して CPU 23 に接続しておく。すなわち、本実施例ではベースブロック 20 も姿勢角検出装置の一部を構成することになる。

【0034】次に、このように回転テーブル 27 にベースブロック 20 を取付けた後、図 6 に示すように、回転テーブル 27 を静止させた状態で 10 秒間だけ各角速度センサによって角速度を検出させる。そして、この 10 秒間に検出された角速度の平均値を各角速度センサの初期角速度  $\omega X0$ 、 $\omega Y0$ 、 $\omega Z0$  として CPU 23 の不図示のメモリに記憶させる。これは、予め CPU 23 に記憶された誤差検出プログラムに基づいて行われる。すなわち、CPU 23 は姿勢角を演算するプログラムの他に、誤差検出工程において角速度センサの誤差を検出して後述するように不揮発性メモリ 24 に記憶させるプログラムも記憶されている。

【0035】その後、回転テーブル 27 を予め定めた回転数をもって回転させ、回転テーブル 27 が一定回転数で回っているときに各角速度センサによって角速度を検出させる。このときは 10 秒間に検出された角速度の平均値を各角速度センサの実角速度  $\omega X$ 、 $\omega Y$ 、 $\omega Z$  として CPU 23 のメモリに記憶させる。このように実角速度  $\omega X$ 、 $\omega Y$ 、 $\omega Z$  を検出した後、回転テーブル 27 を停止させる。

【0036】次いで、各角速度センサの実角速度  $\omega X$ 、 $\omega Y$ 、 $\omega Z$  から初期角速度  $\omega X0$ 、 $\omega Y0$ 、 $\omega Z0$  を差し引いて角速度増加分  $\Delta \omega X$ 、 $\Delta \omega Y$ 、 $\Delta \omega Z$  をそれぞれ求める。そして、X 軸回りの角速度センサ 12 の角速度増加分  $\Delta \omega X$  および Y 軸回りの角速度センサ 14 の角速度増加分  $\Delta \omega Y$  を、Z 軸回りの角速度センサ 16 での角速度増加分  $\Delta \omega Z$  でそれぞれ除して単位角速度当たりの誤差角速度  $KXZ$ 、 $KYZ$  を求める。このように誤差角速度  $KXZ$ 、 $KYZ$  を求めた後、CPU 23 はそれを不揮発性メモリ 24 に記憶させる。

【0037】このように Z 軸回りの誤差角速度を求めた後は、X 軸回りの誤差角速度を求める。このときには、ベースブロック 20 を回転テーブル 27 から一度外し、ベースブロック 20 の X 軸が鉛直方向を指向するようにして再び固定する。そして、前記同様に静止状態で初期角速度  $\omega X0$ 、 $\omega Y0$ 、 $\omega Z0$  を検出させ、しかる後に前記同様に回転テーブル 27 を回転させて実角速度  $\omega X$ 、 $\omega Y$ 、 $\omega Z$  を検出させる。角速度検出方法は Z 軸回りの誤差を検出するときと同様にする。

【0038】その後、実角速度  $\omega X$ 、 $\omega Y$ 、 $\omega Z$  から初期角速度  $\omega X0$ 、 $\omega Y0$ 、 $\omega Z0$  を差し引いて角速度増加分  $\Delta \omega X$ 、 $\Delta \omega Y$ 、 $\Delta \omega Z$  を求め、さらに、Y 軸回り角速度センサ 14 の角速度増加分  $\Delta \omega Y$  および Z 軸回り角速度センサ 16 の角速度増加分  $\Delta \omega Z$  を X 軸回り角速度センサ 12 の角速度増加分  $\Delta \omega X$  でそれぞれ除して単位角速度当たりの誤差角速度  $KYX$ 、 $KZX$  を求める。このように誤差角速度  $KYX$ 、 $KZX$  を求めた後、CPU 23 はそれを不揮

発性メモリ 24 に記憶させる。

【0039】また、Z 軸、X 軸回りの誤差角速度を求めた後は、Y 軸回りの誤差角速度を求める。このときも前記同様にベースブロック 20 を回転テーブル 27 から一度外し、ベースブロック 20 の Y 軸が鉛直方向を指向するようにして再び固定する。そして、静止状態で初期角速度  $\omega X_0$ ,  $\omega Y_0$ ,  $\omega Z_0$  を検出させ、しかる後に回転テーブル 27 を回転させて実角速度  $\omega X$ ,  $\omega Y$ ,  $\omega Z$  を検出させる。角速度検出方法は Z 軸、X 軸回りの誤差を検出するときと同様にする。

【0040】その後、実角速度  $\omega X$ ,  $\omega Y$ ,  $\omega Z$  から初期角速度  $\omega X_0$ ,  $\omega Y_0$ ,  $\omega Z_0$  を差し引いて角速度増加分  $\Delta \omega X$ ,  $\Delta \omega Y$ ,  $\Delta \omega Z$  を求め、さらに、X 軸回り角速度センサ 12 の角速度増加分  $\Delta \omega X$  および Z 軸回り角速度センサ 16 の角速度増加分  $\Delta \omega Z$  を Y 軸回り角速度センサ 14 の角速度増加分  $\Delta \omega Y$  でそれぞれ除して単位角速度当たりの誤差角速度  $KXY$ ,  $KZY$  を求める。このように誤差角速度  $KXY$ ,  $KZY$  を求めた後、CPU 23 はそれを不揮発性メモリ 24 に記憶させる。

【0041】このように X, Y, Z 軸回りのそれぞれの誤差角速度を不揮発性メモリ 24 に記憶させることによって誤差検出工程が終了する。角速度センサ等が取付けられたベースブロック 20 は、この誤差検出工程を経た後に機体 1 に搭載される。

【0042】上述した誤差検出工程によって誤差角速度が記憶されたコントローラ 8 を使用すると、図 7 に示すように、X 軸回り角速度センサ 12 によって検出された実際の角速度  $\omega X$  は、Y 軸回り角速度センサ 14、Z 軸回り角速度センサ 16 が角速度  $\omega Y$ ,  $\omega Z$  を出力しているときには  $\omega Y \times KXY$  の値と、 $\omega Z \times KZY$  の値とがそれぞれ差し引かれて真の角速度  $\omega X'$  に変えられることになる。また、同様にして Y 軸回り角速度センサ 14 によって検出された実際の角速度  $\omega Y$  は、X 軸回り角速度センサ 12、Z 軸回り角速度センサ 16 が角速度  $\omega X$ ,  $\omega Z$  を出力しているときには  $\omega X \times KXY$  の値と、 $\omega Z \times KZY$  の値とがそれぞれ差し引かれて真の角速度  $\omega Y'$  に変えられることになる。さらに、Z 軸回り角速度センサ 16 によって検出された実際の角速度  $\omega Z$  も、X 軸回り角速度センサ 12、Y 軸回り角速度センサ 14 が角速度  $\omega X$ ,  $\omega Y$  を出力しているときには  $\omega X \times KXZ$  の値と、 $\omega Y \times KYZ$  の値とがそれぞれ差し引かれて真の角速度  $\omega Z'$  に変えられる。

【0043】したがって、3 個の角速度センサ 12, 14, 16 の各センサ本体 12a, 14a, 16a の検出軸線が互いに直交しないことに起因して生じる角速度の誤差を電氣的に補正することができる。このため、各角速度センサ 12, 14, 16 のセンサ本体 12a, 14a, 16a をケース 12b, 14b, 16b に厳格な精度をもって取付けたり、各角速度センサ 12, 14, 16 をベースブロック 20 に高精度に位置決めしたりする

必要がなくなる。

【0044】なお、本実施例では誤差角速度として X, Y, Z 軸の 3 軸回りに対して求める例を示したが、Z 軸回りの誤差角速度のみを求めて X 軸回り角速度センサ 12、Y 軸回り角速度センサ 14 が検出した角速度  $\omega X$ ,  $\omega Y$  を補正しさえすれば、ヘリコプタの姿勢であれば比較的高精度に制御することができる。また、角速度センサ 12, 14, 16 を機体 1 に取付けるためのベースブロック 20 としては、本実施例で示したように板状物を 3 方向へ延ばしたような構造に限定されるものではなく、その構造は適宜変更することができる。

【0045】さらに、本実施例では、本発明に係る姿勢角検出方法を無人ヘリコプタの姿勢角検出方法に適用した例を示したが、水上あるいは水中を走行する船舶の姿勢角を検出したり、シールド式掘削装置の進行方向を検出するときにも適用することができる。

【0046】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係る角速度センサ式姿勢角検出装置の姿勢角検出方法は、互いに直交する 3 軸毎に角速度センサが取付けられた姿勢角検出装置を移動物に搭載する以前に、回転テーブルによって検出軸回りに回転させてこの検出軸とは直交する他の 2 軸の角速度センサの出力値を誤差値として不揮発性メモリに記憶させ、この姿勢角検出装置が移動物に搭載された後は前記検出軸回りに回るときに前記 2 軸の角速度センサの出力値から誤差値を差し引くようにしたため、3 個の角速度センサの軸線が互いに直交しないことに起因して生じる角速度の誤差を電氣的に補正することができる。

【0047】したがって、角速度センサの本体をケースに厳格な精度をもって取付けたり、各角速度センサを姿勢角検出装置に高精度に位置決めしたりする必要がなくなる。このため、角速度センサを製造するときや姿勢角検出装置での角速度センサ取付け部を加工するときに必要な以上に精度を高める必要がないので、コストアップとなるのを防ぎつつ高精度に角速度を検出することができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る姿勢角検出方法によって姿勢角を検出する無人ヘリコプタの概略構成図である。

【図 2】本発明に係る姿勢角検出方法によって姿勢角を検出する姿勢角検出装置の全体構成を示すブロック図である。

【図 3】姿勢角検出装置の要部の構成を示すブロック図である。

【図 4】姿勢角検出装置の概略構成を示す斜視図である。

【図 5】回転テーブル上での誤差値検出工程を説明するためのブロック図である。

【図 6】回転テーブル上での誤差値検出手順を説明する



11

12

ためのグラフである。

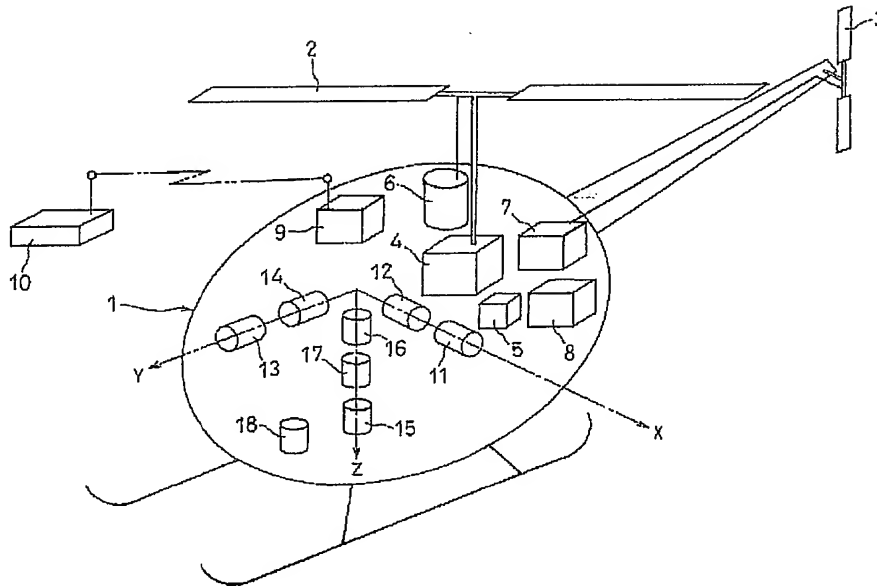
【図 7】 姿勢角検出装置を無人ヘリコプタに搭載した後の角速度検出手順を説明するための図である。

【符号の説明】

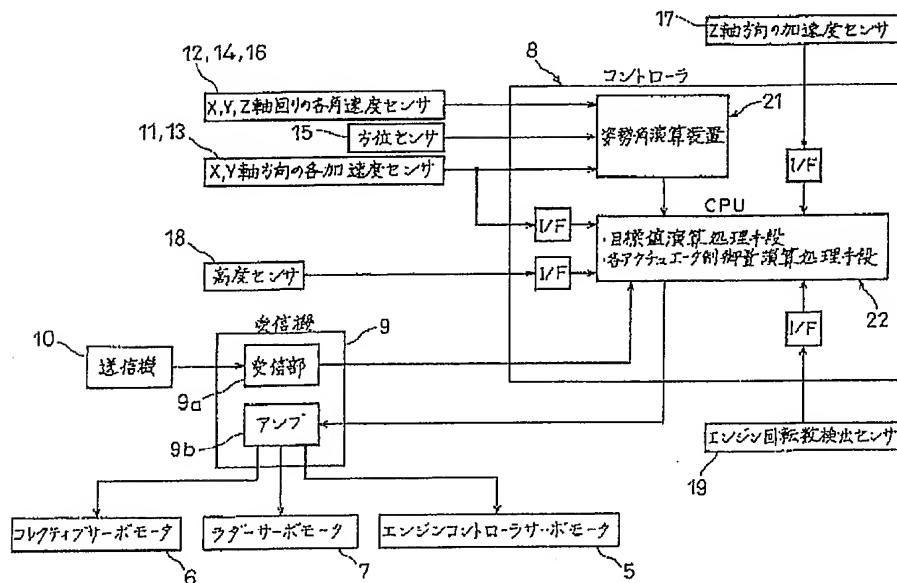
8 コントローラ  
12 角速度センサ  
14 角速度センサ

16 角速度センサ  
20 ベースブロック  
21 姿勢角演算装置  
24 不揮発性メモリ  
25 補正角速度演算手段  
27 回転テーブル

【図 1】

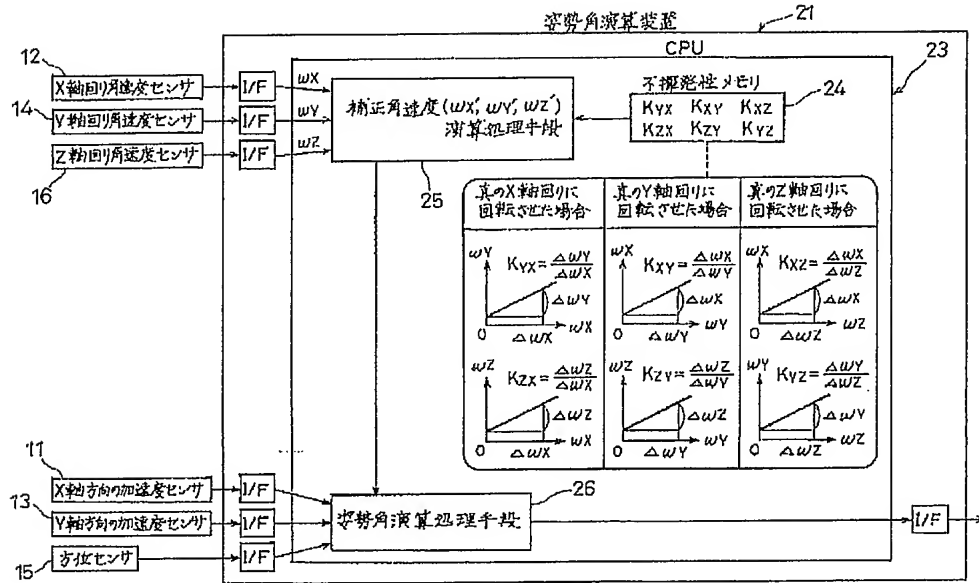


【図 2】

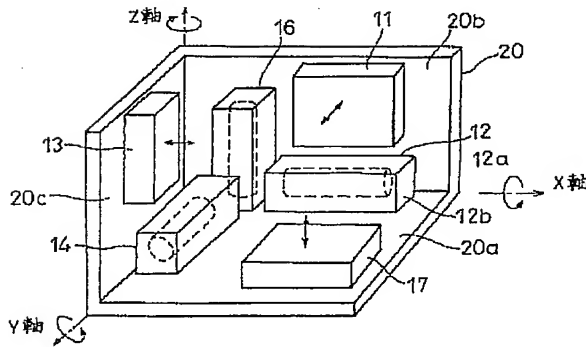




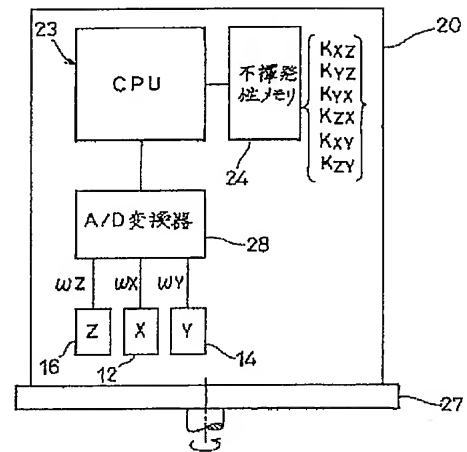
【図 3】



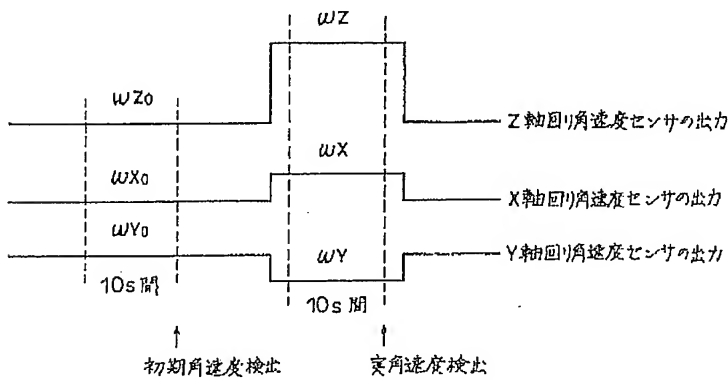
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

